

広帯域超音波法によるグラウト充填不足調査に関する基礎実験

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○楠本 秀樹
 (株)日本ピーエス 天谷 公彦
 (株)エッチアンドビーシステム 正会員 木下 尚宜

1. 目的

PC 構造物のグラウト充填不足箇所を探查する非破壊検査方法の一つとして、広帯域超音波法（以下、本法という）を用いる方法に着目して検討を進めている。本法は、実構造物等における調査結果¹⁾から、広くその有用性が注目されるようになってきているが、配筋条件が超音波の伝播経路に与える影響、グラウト充填判定の閾値となる周波数帯域、測定に適した探触子間隔などの明らかにすべき課題がある。本稿では、実構造物における充填状況の判定基準の明確化を目的に、実構造物で想定されるパラメータを変化させた供試体を作製し基礎実験を実施した結果について報告する。

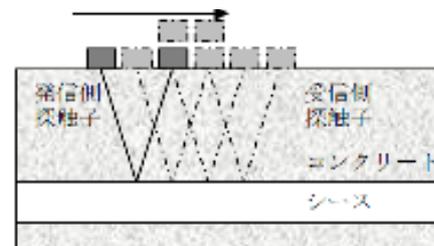


図-1 測定原理

2. 測定原理

本法の測定原理は図-1に示すように、発信側探触子より超音波を入力し、シースから得られた反射波を受信側探触子で計測し、反射波の卓越振動数からグラウトの充填状況を判定する手法である。

3. 供試体作製

供試体に用いたコンクリートおよびグラウトの配合、使用する鋼材は、基本的には一般的な山陽新幹線のPC桁を参考に決定した。パラメータとしては以下に示す要因を考慮し、計32通りの供試体を作製した。

- ①シース種類（鋼製シース／ポリエチレン製シース〔以下PEシースという〕）
- ②グラウト充填率（0%/100%/グラウト充填率30,50,70%/先流れ）
- ③シースかぶり（実構造物の支間端部に配置／支間中央に配置／連続的に変化）
- ④シース周辺の空隙（通常の打込み／シース周辺が空洞）
- ⑤シース内のPC鋼材の配置（中央／偏心）
- ⑥配筋条件（無し／軸方向鉄筋のみ／+スターラップ／測定面の背面に設置）



図-2 供試体測定状況

4. 測定結果

上記に基づき作成した供試体の32通りの条件に対して、本法により平成26,27年度に測定を実施した（図-2）。測定結果を表-1に示す。平成26年度の測定では、供試体のグラウト充填状況と本法による測定結果が、一致したものが19通り、不一致が3通り、充填、充填不足が判断できない判定不可が10通りであった。

供試体の充填状況と測定結果は概ね一致する結果となったが、供試体条件によっては一致しないまたは判定不可の結果となった。

供試体の充填状況と測定結果が不一致、また判定不可となった要因として以下の事項が考えられる。

- ①No.5 供試体は、新設構造物に最近多く用いられているPEシースを対象としたが、鋼製シースとは異なる周波数帯域の成分波に着目した解析が必要となる可能性が考えられる。
- ②No.6 供試体は、鋼製シースにテープを巻いて浮きを模擬したが、高周波帯域の成分波が通常の鋼製シース計測時に比べて異なる可能性が考えられる。
- ③No.8 供試体は、シースのかぶり深さ（170mm）と密な配筋状況（軸方向筋有、スターラップ@100mm）により判定が難しくなる可能性が考えられる。
- ④No.9 供試体のグラウト充填率0%は、探触子の配置状況によりスターラップと探触子の位置関係が変化する。

キーワード 広帯域超音波法, 非破壊検査, グラウト充填

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-4-20 中央ビル2F 西日本旅客鉄道(株)構造技術室 TEL 06-6305-6957

この影響で高周波帯域成分波の位相がずれたため、加算平均することで高周波帯域が減衰した可能性が考えられる。

⑤シースのかぶりが浅い(70mm)場合は、探触子間距離を375mmとして測定を行った。これは、一般的なスターラップの間隔を125mmと想定していたため、探触子とスターラップとが干渉しないように探触子間距離を375mmを採用していた。今回作製した供試体は、スターラップ間隔を100mmとしているために探触子がスターラップと干渉し、判定結果に影響を与えたと考えられる。上記課題を踏まえた対策を講じて、平成27年度に再度、測定を実施した。

課題①、②に対しては、着目する周波数を80kHzから40kHzに変更、③、⑤に対しては、探触子間隔の変更、④に対してはスターラップを避けて探触子を配置して測定を行うことで、供試体の充填状況と測定結果が一致した。

表-1 供試体の測定結果

NO.	計測位置	シース種類	グラウト充填率(%)	シースかぶり(mm)	PC鋼材偏心	配筋条件		測定結果※1		
						軸筋	スターラップ	26年度	27年度	改善点
探触子間隔 500mm										
1	上	鋼製	100	120	-	-	-	○	○	
	下	鋼製	0	120	-	-	-	×	×	
2	上	鋼製	100	120	側方	-	-	○	○	
	下	鋼製	100	120	下方	-	-	○	○	
3	上	鋼製	70	120	-	-	-	×	×	
	下	鋼製	50	120	-	-	-	△	△	
4	上	鋼製	30	120	-	-	-	△	△	
	下	鋼製	先流	120	-	-	-	○	×	
5	上	PE	100	120	-	-	-	△	○	着目周波数見直し
	下	PE	0	120	-	-	-	○	×	着目周波数見直し
6	上	鋼(浮き)	100	120	-	-	-	△	○	着目周波数見直し
	下	鋼(浮き)	0	120	-	-	-	×	×	着目周波数見直し
7	上	鋼製	100	120	-	有	@100	○	○	
	下	鋼製	0	120	-	有	@100	×	×	
8表	上	鋼製	100	170	-	有	@100	△	△	探触子間 200mm で○
	下	鋼製	0	170	-	有	@100	△	○	探触子間 200mm で△
8裏	上	鋼製	100	170	-	-	-	○	○	探触子間 200mm で○
	下	鋼製	0	170	-	-	-	×	×	探触子間 200mm で△
9	上	鋼製	100	120	-	有	@200	○	○	
	下	鋼製	0	120	-	有	@200	○	×	探触子位置に配慮
10	上	鋼製	100	120	-	有	-	○	○	
	下	鋼製	0	120	-	有	-	×	×	
11	上	鋼製	100	120	-	-	@100	○	○	
	下	鋼製	0	120	-	-	@100	△	×	
14	上	鋼製	0	120	-	有	@100	×	×	
	下	鋼製	0	70~120	-	有	@100	×	×	
15	上	鋼製	100	120	-	有	@100	△	○	
	下	鋼製	100	70~120	-	有	@100	○	○	
探触子間隔 375mm										
12	上	鋼製	100	70	-	有	@100	△	×	探触子間 400mm で○
	下	鋼製	0	70	-	有	@100	△	×	探触子間 400mm で△
13	上	鋼製	100	70	-	-	-	○	○	探触子間 400mm で○
	下	鋼製	0	70	-	-	-	×	△	探触子間 400mm で×

※1 測定結果 ○：充填 ×：充填不足 △：判定不可

5. まとめ

平成26年度の課題を踏まえて着目する周波数、探触子間隔等の測定条件を変更した結果、測定結果に改善が見られ、グラウトが充填不足の場合でも測定結果が“充填”となる誤判定や、判定不可(充填、充填不足が判断できない)が減り、概ね供試体のグラウト充填状況と測定結果が一致する結果となった。

ただし、充填状況が30、50、70%や“先流れ”の場合には測定結果が測定毎に異なる場合があり不安定であるため、測定精度の向上対策を検討する必要がある。

【参考文献】

1) たとえば、湯間謙次ほか：広帯域超音波法を用いたPC構造物のグラウト充填状況確認調査，土木学会第65回年次学術講演会概要集，V-224，pp447-448，2010.9